

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7330552号
(P7330552)

(45)発行日 令和5年8月22日(2023.8.22)

(24)登録日 令和5年8月14日(2023.8.14)

(51)国際特許分類

F I

C 3 0 B 29/36 (2006.01)

C 3 0 B 23/06 (2006.01)

C 3 0 B 33/00 (2006.01)

C 3 0 B 29/36

C 3 0 B 23/06

C 3 0 B 33/00

A

請求項の数 6 (全17頁)

(21)出願番号	特願2022-3382(P2022-3382)	(73)特許権者	521492724
(22)出願日	令和4年1月12日(2022.1.12)		セニック・インコーポレイテッド
(65)公開番号	特開2022-109237(P2022-109237 A)		SENIC Inc.
(43)公開日	令和4年7月27日(2022.7.27)		大韓民国31040チュンチョンナムド
審査請求日	令和4年1月12日(2022.1.12)		、チョナンシ、ソブクク、チクサンウブ
(31)優先権主張番号	10-2021-0005463		、4サンダン7口17-15
(32)優先日	令和3年1月14日(2021.1.14)		17-15, 4 sandan 7-ro
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)		, Jiksan-eup, Seobuk
			-gu, Cheonan-si, Chu
			ngcheongnam-do, 31
			040, Republic of Ko
			rea
		(74)代理人	110001139
			SK弁理士法人
		(74)代理人	100130328

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 炭化珪素ウエハーの製造方法、炭化珪素ウエハー及びウエハー製造用システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

一面、他面及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴットにおいて、前記一面で反り程度が最も大きい第1周縁を測定する反り測定ステップと；
前記第1周縁から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第2周縁で、ワイヤソーを通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断を開始し、切断速度が第1切断速度まで減少する切断開始ステップと；
前記第1切断速度が $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有する切断進行ステップと；
前記第1切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴットの切断が完了する仕上げステップと；を含んで炭化珪素ウエハーを製造し、
前記ワイヤソーの供給量(m/min)は、前記切断開始ステップで第1供給量に到達後、前記仕上げステップ以前まで $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有し、
前記 r は、前記一面の半径であり、
前記 a は、 $i) 1.4rad \sim 1.75rad$ 、又は $ii) 2.96rad \sim 3.32rad$ である、炭化珪素ウエハーの製造方法。

【請求項2】

前記炭化珪素インゴットは、原料の昇華-再結晶により成長した4H炭化珪素を含む、請求項1に記載の炭化珪素ウエハーの製造方法。

【請求項3】

前記切断開始ステップの切断は、前記一面の第2周縁から最も遠い他の周縁に向かう方向

に行われる、請求項 1 に記載の炭化珪素ウエハーの製造方法。

【請求項 4】

前記第 1 切断速度は、 $3\text{ mm/hr} \sim 10\text{ mm/hr}$ である、請求項 1 に記載の炭化珪素ウエハーの製造方法。

【請求項 5】

前記第 1 供給量は、 $0.5\text{ m/min} \sim 4\text{ m/min}$ である、請求項 1 に記載の炭化珪素ウエハーの製造方法。

【請求項 6】

前記ワイヤソーは、前記炭化珪素インゴットの一面から他面方向に所定間隔に沿って複数個が備えられるマルチワイヤソーである、請求項 1 に記載の炭化珪素ウエハーの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、炭化珪素ウエハーの製造方法、炭化珪素ウエハー及びウエハー製造用システムなどに関する。

【背景技術】

【0002】

炭化珪素は、耐熱性及び機械的強度に優れ、物理的及び化学的に安定しているので、半導体材料として注目されている。近年、高電力素子などの基板として炭化珪素単結晶基板の需要が高まっている。

20

【0003】

このような炭化珪素単結晶を製造する方法として、液相蒸着法 (Liquid Phase Epitaxy; LPE)、化学気相蒸着法 (Chemical Vapor Deposition; CVD)、物理的気相輸送法 (Physical Vapor Transport; PVT) などがある。その中で物理的気相輸送法は、坩堝内に炭化珪素原料を装入し、坩堝の上端には炭化珪素単結晶からなる種結晶を配置した後、坩堝を誘導加熱方式で加熱して原料を昇華させることで、種結晶上に炭化珪素単結晶を成長させる方法である。

【0004】

物理的気相輸送法は、高い成長率で優れた品質のインゴットの形態の炭化珪素を作製することができるので、最も広く用いられている。この時、製造される炭化珪素インゴットの反り及び掠じれが発生することがあり、このような反り及び掠じれが発生すると、ワイヤソーなどを利用した切断過程でウエハーの平坦度が不均一になる虞がある。

30

【0005】

したがって、炭化珪素ウエハーの平坦度を確保し、これから製造される半導体素子の性能及び収率の向上のために、炭化珪素インゴットの切断時の改善された方案について考慮する必要がある。

【0006】

前述した背景技術は、発明者が本発明の導出のために保有していた、又は本発明の導出過程で習得した技術情報であって、必ずしも本発明の出願前に一般公衆に公開された公知技術であるとは限らない。

40

【0007】

関連先行技術として、韓国公開特許公報第 10 - 2015 - 0052037 号に開示された「高硬度材料のマルチワイヤソーによる切断方法」、韓国公開特許公報第 10 - 2014 - 0155310 号に開示された「インゴット切断装置」などがある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、炭化珪素インゴット切断時に周縁の反り程度、切断速度及びワイヤー供給量を考慮して良好な平坦度を示すことができる炭化珪素ウエハーの製造方法を提供することにある。

50

【 0 0 0 9 】

本発明の他の目的は、良好な平坦度を示す炭化珪素ウエハーを提供することにある。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらに他の目的は、炭化珪素インゴット切断時に周縁の反り程度、切断速度及びワイヤー供給量を考慮して良好な平坦度を示すことができるウエハーを製造することができるシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記の目的を達成するために、本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法は、一面、他面及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴットにおいて、前記一面で反り程度が最も大きい第1周縁を測定する反り測定ステップと；

10

前記第1周縁から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第2周縁で、ワイヤソーを通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断を開始し、切断速度が第1切断速度まで減少する切断開始ステップと；

前記第1切断速度が $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有する切断進行ステップと；

前記第1切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴットの切断が完了する仕上げステップと；を含んで炭化珪素ウエハーを製造し、

前記ワイヤソーの供給量(m/min)は、前記切断開始ステップで第1供給量に到達後、前記仕上げステップ以前まで $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有し、

前記 r は、前記一面の半径であり、

20

前記 a は、 $i) 1.4 \text{ rad} \sim 1.75 \text{ rad}$ 、又は $ii) 2.96 \text{ rad} \sim 3.32 \text{ rad}$ である。

【 0 0 1 2 】

一具現例において、前記炭化珪素インゴットは、原料の昇華-再結晶により成長した4H炭化珪素を含むことができる。

【 0 0 1 3 】

一具現例において、前記切断開始ステップの切断は、前記一面の第2周縁から最も遠い他の周縁に向かう方向に行われ得る。

【 0 0 1 4 】

一具現例において、前記第1切断速度は、 $3 \text{ mm/hr} \sim 10 \text{ mm/hr}$ であってもよい。

30

【 0 0 1 5 】

一具現例において、前記第1供給量は、 $0.5 \text{ m/min} \sim 4 \text{ m/min}$ であってもよい。

【 0 0 1 6 】

一具現例において、前記ワイヤソーは、前記炭化珪素インゴットの一面から他面方向に所定間隔に沿って複数個が備えられるマルチワイヤソーであってもよい。

【 0 0 1 7 】

上記の目的を達成するために、具現例に係る炭化珪素ウエハーは、

一面及び他面を含み、

前記一面の中心から外郭方向に半径の95%まで占める中央領域の平坦度の標準偏差が $5 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ であってもよい。

40

【 0 0 1 8 】

一具現例において、前記炭化珪素ウエハーは、前記一面の平均平坦度が $250 \mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【 0 0 1 9 】

一具現例において、前記炭化珪素ウエハーは、4H構造の炭化珪素を含み、前記一面は珪素原子層が表面上に現れるSi面であってもよい。

【 0 0 2 0 】

上記の目的を達成するために、本発明に係る炭化珪素ウエハー製造用システムは、

一面、他面及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴットの一面で反り程度が最も大きい第1周縁を測定する反り測定部と；

50

前記反り測定部で測定された炭化珪素インゴット一面の第1周縁から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第2周縁を指定する制御部と；

前記制御部で指定された炭化珪素インゴット一面の第2周縁で、ワイヤソーを通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断する切断部と；を含み、

前記制御部で前記炭化珪素インゴットの前記切断部に向かう移動及び前記ワイヤソーの供給量を制御し、

前記切断部は、前記切断部の切断速度が第1切断速度まで減少する切断開始ステップと；

前記第1切断速度が $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有する切断進行ステップと；

切断第1切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴットの切断が完了する仕上げステップと；を含んで炭化珪素ウエハーを製造し、

前記切断部のワイヤソーの供給量 (m/min) は、前記切断開始ステップで第1供給量に到達後、前記仕上げステップ以前まで $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有し、

前記 r は、前記一面の半径であり、

前記 a は、 $i) 1.4 \text{ rad} \sim 1.75 \text{ rad}$ 、又は $ii) 2.96 \text{ rad} \sim 3.32 \text{ rad}$ である。

【発明の効果】

【0021】

本発明に係る炭化珪素ウエハー製造方法は、炭化珪素インゴットの一面の反り値が最も大きい周縁と、そこから所定間隔離れた周縁を指定し、特定の切断速度及びワイヤ供給量条件を通じて炭化珪素インゴットを切断することで、改善された平坦度特性を示す炭化珪素ウエハーを製造することができる。

【0022】

本発明に係る炭化珪素ウエハー製造方法により製造されたウエハーは、良好な平坦度特性を有するため、素子製造時に電気的特性及び収率の向上を期待することができる

【0023】

本発明に係る炭化珪素ウエハー製造用システムは、インゴットの一面の反り値が最も大きい周縁と、そこから所定間隔離れた周縁を指定し、特定の切断速度及びワイヤ供給量条件を通じてインゴットを切断することで、改善された平坦度特性を示す炭化珪素ウエハーを製造するシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明に係る炭化珪素ウエハーの一例を示す概念図（斜視図）である。

【図2】本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法に使用される炭化珪素インゴットの一例を側面で示す概念図である。

【図3】本発明に係る炭化珪素ウエハー製造方法の適用一例を示す概念図である。

【図4】本発明に係る炭化珪素ウエハー製造用システムの一例を示す模式図である。

【図5】実施例1 (Example 1)、実施例2 (Example 2) 及び比較例1 (C. Example 1)、比較例2 (C. Example 2) において切断時の方向の一例を示す概念図である。

【図6】比較例1 (C. Example) で製造されたウエハーの平坦度を可視的に示す写真である。

【図7】実施例1 (Example 1)、実施例2 (Example 2) 及び比較例2 (C. Example 2) で製造されたウエハーの平坦度を可視的に示す写真である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の属する技術分野における通常の知識を有する者が容易に実施できるように、一つ以上の本発明について添付の図面を参照して詳細に説明する。しかし、本発明は、様々な異なる形態で実現可能であり、ここで説明する実施例に限定されない。明細書全体にわたって類似の部分に対しては同一の図面符号を付した。

【0026】

10

20

30

40

50

本明細書において、ある構成が他の構成を「含む」とするとき、これは、特に反対の記載がない限り、それ以外の他の構成を除くものではなく、他の構成をさらに含むこともできることを意味する。

【 0 0 2 7 】

本明細書において、ある構成が他の構成と「連結」されているとするとき、これは「直接的に連結」されている場合のみならず、「それらの間に他の構成を介在して連結」されている場合も含む。

【 0 0 2 8 】

本明細書において、A上にBが位置するという意味は、A上に直接当接してBが位置するか、又はそれらの間に別の層が位置しながらA上にBが位置することを意味し、Aの表面に当接してBが位置すると限定されて解釈されない。

10

【 0 0 2 9 】

本明細書において、マーカッシュ形式の表現に含まれた「これらの組み合わせ」という用語は、マーカッシュ形式の表現に記載された構成要素からなる群より選択される一つ以上の混合又は組み合わせを意味するものであって、前記構成要素からなる群より選択される一つ以上を含むことを意味する。

【 0 0 3 0 】

本明細書において、「A及び/又はB」の記載は、「A、B、又は、A及びB」を意味する。

【 0 0 3 1 】

20

本明細書において、「第1」、「第2」又は「A」、「B」のような用語は、特に説明がない限り、同一の用語を互いに区別するために使用される。

【 0 0 3 2 】

本明細書において、単数の表現は、特に説明がなければ、文脈上解釈される単数又は複数を含む意味で解釈される。

【 0 0 3 3 】

炭化珪素ウエハーの製造方法上記の目的を達成するために、本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法は、

一面120、他面110及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴット100において、前記一面で反り程度が最も大きい第1周縁21を測定する反り測定ステップと；
前記第1周縁から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第2周縁22で、ワイヤソー15を通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断を開始し、切断速度が第1切断速度まで減少する切断開始ステップと；

30

前記第1切断速度が $\pm 5\%$ 以内の一定の値を有する切断進行ステップと；

前記第1切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴットの切断が完了する仕上げステップと；を含み、

前記ワイヤソーの供給量(m/min)は、前記切断開始ステップで第1供給量に到達後、前記仕上げステップ以前まで $\pm 5\%$ 以内の一定の値を有し、

前記 r は、前記一面の半径であり、

前記 a は、 $i) 1.4 \text{ rad} \sim 1.75 \text{ rad}$ 、又は $ii) 2.96 \text{ rad} \sim 3.32 \text{ rad}$ であってもよい。

40

【 0 0 3 4 】

本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法において、前記反り測定ステップは、一面120、他面110及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴット100を設け、前記炭化珪素インゴットの一面で反り程度が最も大きい第1周縁21を測定するステップである。

【 0 0 3 5 】

前記反り測定ステップにおいて前記炭化珪素インゴット100の一面120の反り程度を測定する過程は、一面120の中心点を基準として第1周縁21の最高の高さをハイトゲージ(Mitutoyo社のID-H0560 Model)で測定を通じて行われ得る。

50

【 0 0 3 6 】

前記反り測定ステップにおいて前記炭化珪素インゴット 1 0 0 は、原料と種子晶が離隔配置された容器内で原料が種結晶上に昇華及び再結晶が行われて成長した炭化珪素インゴットであってもよい。前記炭化珪素インゴットは、図 2 に示されているように、本体部 1 2 1 及び本体部上の末端部 1 1 1 を含むことができ、前記末端部の表面は曲面形状を示すことができる。

【 0 0 3 7 】

前記反り測定ステップにおいて前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 は、前記昇華及び再結晶を通じて製造された後、前記種結晶から切断された面であってもよく、円形であってもよく、一部の周縁にフラットゾーンが形成された円形であってもよい。また、前記一面が円形ではない場合、前記一面の曲線形周縁で任意の 3 個以上の点の x 、 y 座標を取得し、この点を含む円を形成して円形で取り扱うこともできる。

10

【 0 0 3 8 】

前記反り測定ステップにおいて前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 は、実質的に珪素原子層が表面に現れる $S i$ 面であってもよい。

【 0 0 3 9 】

前記反り測定ステップを通じて前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 の反り程度を把握して、後続のステップにおいて切断時の基準になり得る。

【 0 0 4 0 】

前記反り測定ステップにおいて前記炭化珪素インゴット 1 0 0 は、直径が 2 インチ ~ 1 2 インチであるものであってもよく、4 インチ ~ 1 0 インチであるものであってもよい。

20

【 0 0 4 1 】

前記炭化珪素ウエハーの製造方法は、前記反り測定ステップの前又は後に前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 と他面 1 1 0 をつなぐ側面を研削して円筒形で加工したり、円筒形で加工後、側面的一部分にフラットゾーンを形成するステップを含むことができる。

【 0 0 4 2 】

本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法において、前記切断開始ステップは、前記反り測定ステップで測定された炭化珪素インゴット 1 0 0 の第 1 周縁 2 1 から前記一面 1 2 0 の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第 2 周縁 2 2 を指定し、前記第 2 周縁でワイヤソーを通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断を開始し、切断速度が初期切断速度から第 1 切断速度まで減少するステップである。

30

【 0 0 4 3 】

前記切断開始ステップの第 2 周縁 2 2 の指定は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 を切断して製造されるウエハーの平坦度などの特性向上のためのものである。

【 0 0 4 4 】

前記切断開始ステップの第 2 周縁 2 2 の指定は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面を円形で取り扱って行われ得る。

【 0 0 4 5 】

前記切断開始ステップの $r \times a$ で、 r は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 の半径であり、前記 a は、 $i) 1.4 \text{ rad} \sim 1.75 \text{ rad}$ 、又は $ii) 2.96 \text{ rad} \sim 3.32 \text{ rad}$ であってもよい。また、前記 a は、前記炭化珪素インゴットの一面で、第 1 周縁 2 1 及び第 2 周縁 2 2 をつなぐ弧と半径からなる扇形の中心角を無次元のラジアンで換算したものであってもよい。前記 a がこのような範囲を有するようにすることで、前記炭化珪素インゴットの切断時に製造されるウエハーの中央付近の平坦度の偏差が少なく、比較的均一な値を有するようにできる。

40

【 0 0 4 6 】

前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 の半径単位と、前記 $r \times a$ の単位とは同一である。

【 0 0 4 7 】

前記切断開始ステップにおいて炭化珪素インゴット 1 0 0 は、一側面に別途の居置台が設

50

けられ得る。

【 0 0 4 8 】

前記切断開始ステップの切断は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 と平行であるか、又は前記一面に対して $2^{\circ} \sim 10^{\circ}$ のオフ角を有するように切断され得る。

【 0 0 4 9 】

前記切断開始ステップの切断は、図 5 に示されているように、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 から最も遠い一面の他の周縁に向かう方向に行われ得、この方向は前記一面の中心を通ることができる。

【 0 0 5 0 】

前記切断開始ステップの切断は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 で、他面 1 1 0 の周縁に向かう最短距離を示す任意の線とワイヤソー 1 5 が垂直に接近するように行われ得る。

10

【 0 0 5 1 】

前記切断開始ステップは、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 がワイヤソー 1 5 に接近して切断が開始される時、初期切断速度から時間の経過により減少して第 1 切断速度まで到達することができる。

【 0 0 5 2 】

前記切断開始ステップの初期切断速度は、 $10\text{ mm/hr} \sim 15\text{ mm/hr}$ であってもよく、 $12\text{ mm/hr} \sim 14\text{ mm/hr}$ であってもよい。その後、切断が進行されることによって漸進的に第 1 切断速度まで到達することができる。このような切断速度を有することによって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

20

【 0 0 5 3 】

前記切断開始ステップにおいて第 1 切断速度に到達する時点は、前記ワイヤソー 1 5 が前記炭化珪素インゴット 1 0 0 の直径に対して $5\% \sim 15\%$ まで切断された時点であってもよく、 $10\% \sim 15\%$ まで切断された時点であってもよい。

【 0 0 5 4 】

前記切断開始ステップの第 1 切断速度は、 $3\text{ mm/hr} \sim 10\text{ mm/hr}$ であってもよく、 $4\text{ mm/hr} \sim 8\text{ mm/hr}$ であってもよい。このような切断速度を有することによって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

【 0 0 5 5 】

前記切断開始ステップのワイヤソー 1 5 は、ダイヤモンドを含むことができ、鋼材のワイヤー外周面にダイヤモンドビードが含まれたものであってもよい。前記ダイヤモンドビードは、ダイヤモンド焼結体であってもよい。

30

【 0 0 5 6 】

前記切断開始ステップのワイヤソー 1 5 の第 1 供給量は、 $0.5\text{ m/min} \sim 4\text{ m/min}$ であってもよく、 $0.8\text{ m/min} \sim 3\text{ m/min}$ であってもよい。このような供給量を有することによって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

【 0 0 5 7 】

前記切断開始ステップのワイヤソー 1 5 は、複数個のガイドローラ 1 6 のうち、一つのガイドローラに巻き取られながら供給され、他のガイドローラに移動しながら巻き取られた後、引き出され得る。

40

【 0 0 5 8 】

前記切断開始ステップのワイヤソー 1 5 は、前記ガイドローラ 1 6 の軸方向に所定間隔に沿って複数個が備えられるマルチワイヤソーであってもよく、このため、後続のステップを経て切断が仕上げられると複数個のウエハーが製造され得る。前記マルチワイヤソーで各ワイヤソー間の間隔は、 $100\text{ }\mu\text{m} \sim 900\text{ }\mu\text{m}$ であってもよい。

【 0 0 5 9 】

前記切断開始ステップのワイヤソー 1 5 は、少なくとも 2 個以上のガイドローラ 1 6 に軸方向に沿って螺旋形状に巻き取られ得る。例示として、前記ガイドローラは、図 3 に示さ

50

れているように同一平面上に２個、これら２個の中間の下部に１個が配置された複数個のガイドローラであってもよい。

【００６０】

前記切断開始ステップは、炭化珪素インゴット１００の切断が開始される部分にスラリーの供給が行われ得る。

【００６１】

本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法において、前記切断進行ステップは、前記切断開始ステップで到達した第１切断速度が±５％内外の一定の値を有しながら切断が行われるステップである。

【００６２】

前記切断進行ステップにおいて前記炭化珪素インゴット１００は、前記第１切断速度を維持しながら直径に対して７０％～９５％まで切断が行われてもよく、７０％～８５％まで切断が行われてもよい。

【００６３】

前記切断進行ステップでは、前記切断開始ステップのようにワイヤソー１５の供給量（ m/min ）が前記第１供給量で維持され得る。

【００６４】

前記切断進行ステップはまた、前記切断開始ステップのように切断が行われる部分にスラリーの供給が行われ得る。

【００６５】

本発明に係る炭化珪素ウエハーの製造方法において、前記切断仕上げステップは、前記第１切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴット１００の切断が完了するステップである。

【００６６】

前記切断仕上げステップの切断速度は、前記第１切断速度から初期切断速度まで増加することができる。

【００６７】

前記切断仕上げステップは、前記炭化珪素インゴット１００の直径に対して７０％～９５％まで切断された時点で行われてもよい。

【００６８】

前記切断仕上げステップはまた、前記切断開始ステップ及び進行ステップのように切断が行われる部分にスラリーの供給が行われ得る。

【００６９】

前記切断仕上げステップが完了して製造された炭化珪素ウエハーの特性は、以下の説明に記載されたとおりである。

【００７０】

前記炭化珪素ウエハー製造方法は、前述したように炭化珪素インゴットの周縁の反り値を基準に切断を開始し、ワイヤソー１５の供給量と切断速度を適切に制御することで、良好な平坦度特性を示すウエハーを設けることができる。

【００７１】

前記炭化珪素ウエハー製造方法は、一つの炭化珪素インゴットから２５個のウエハーを製造した時、１８個以上の良品の炭化珪素ウエハーを得ることができ、良品収率が７２％以上であってもよく、９９％以下であってもよい。

【００７２】

前記炭化珪素ウエハー製造方法は、前記切断仕上げステップの後に厚さを平坦化する加工ステップをさらに含むことができる。前記加工ステップで厚さを平坦化する過程は、ホイール研削がウエハーの両面に適用されて行われ得る。切断で加えられた損傷を除去し、均一な厚さを有するようにできる。前記研削に使用されるホイールは、表面にダイヤモンド粒子が埋め込まれたものであってもよい。前記研削ホイールと炭化珪素ウエハーが互いに反対方向に回転しながら接触して行われ得、前記研削ホイールの直径が前記炭化珪素ウエ

10

20

30

40

50

ハーの直径より大きくてもよい。

【0073】

前記加工ステップは、前記ウエハーを湿式エッチングするステップをさらに含むことができる。

【0074】

前記炭化珪素ウエハー製造方法は、前記加工ステップの後、化学的機械的研磨 (chemical mechanical polishing) ステップをさらに含むことができる。前記化学的機械的研磨は、回転する定盤上の研磨パッドに研磨粒子スラリー及び炭化珪素ウエハーを加えるものの、所定圧力で接触させて行われ得る。

【0075】

炭化珪素ウエハー 10

【0076】

本発明に係る炭化珪素ウエハー 10 は、一面 11 及び他面 12 を含み、前記一面の中心から外郭方向に半径の 95% まで占める中央領域の平坦度の標準偏差が 10 μm 以下であってもよい。

【0077】

前記平坦度の標準偏差は、前記炭化珪素ウエハー 10 の一面 11 の中央領域で任意の 10 個の領域の平坦度を測定し、これらの標準偏差を求めたものであり得る。

【0078】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、前記一面 11 の中央領域で平坦度の標準偏差が 10 μm 以下であってもよく、5 μm ~ 10 μm であってもよく、5 μm ~ 7 μm であってもよい。

【0079】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、一面 11 の平均平坦度が 250 μm 以下であってもよく、200 μm 以下であってもよい。前記炭化珪素ウエハーは、一面の平均平坦度が 30 μm 以上であってもよい。

【0080】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、前記一面 11 の中央領域で平均平坦度が 10 μm 以下であってもよく、5 μm 以上であってもよい。

【0081】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、このような平坦度特性を有することで、後続の研磨過程などを経た炭化珪素ウエハーもより良好な平坦度特性を示すことができ、素子製造時に電気的特性及び収率の向上を期待することができる。

【0082】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、炭化珪素インゴットから切断された直後のウエハーであってもよく、前述した厚さ平坦化過程を経る以前のウエハーであってもよい。

【0083】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、前記中央領域が周縁と対比して凸状のドーム (dome) 形状であってもよく、前記中央領域の平坦度が周縁領域と対比して高い数値を示すことができる。

【0084】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、前述した厚さを平坦化する加工ステップを経た後、平坦度が 45 μm ~ 80 μm であってもよく、50 μm ~ 75 μm であってもよい。

【0085】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、前述した化学的機械的研磨ステップを経た後、平坦度が 15 μm ~ 55 μm であってもよく、20 μm ~ 45 μm であってもよい。

【0086】

前記平坦度は、以下の実験例で説明した方法により測定することができる。

【0087】

前記炭化珪素ウエハー 10 は、4H - 炭化珪素構造を含むことができる。

【0088】

10

20

30

40

50

前記炭化珪素ウエハー 10 は、図 1 に示されているように、珪素原子層が表面上に示された一面 11 である Si 面、及び炭素原子層が表面上に示された他面 12 である C 面を含むことができる。

【0089】

炭化珪素インゴットにおいて、炭素原子が配列される層と珪素原子が配列される層との間の結合力は他の部分の結合力より弱いため、特定の面に平行な方向に切断されやすい。したがって、炭化珪素インゴットの切断時、炭素原子の層と珪素原子の層との境界であって、特定の面に平行な方向に切断されやすく、炭素原子の層と珪素原子の層が切断面上に現れるようになる。これは研磨が進行された後にも同様であり、したがって、炭化珪素ウエハーにおいて、一面は珪素原子層が現れるいわゆる Si 面であってもよく、他面は炭素原子層が現れるいわゆる C 面であってもよい。

10

【0090】

前記炭化珪素ウエハー 10 の厚さは、前記炭化珪素ウエハーの製造方法においてマルチワイヤソー 15 の間隔により $100\ \mu\text{m} \sim 900\ \mu\text{m}$ であってもよく、半導体素子に適用可能な適切な厚さであればこれに制限しない。

【0091】

炭化珪素ウエハー製造用システム

本発明に係る炭化珪素ウエハー製造用システムは、一面 120、他面 110 及び一面と他面をつなぐ側面を含む炭化珪素インゴット 100 の一面で反り程度が最も大きい第 1 周縁 21 を測定する反り測定部 1100；

20

前記反り測定部で測定された炭化珪素インゴット一面の第 1 周縁から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第 2 周縁 22 を指定する制御部 1200 と；

前記制御部で指定された炭化珪素インゴット一面の第 2 周縁で、ワイヤソーを通じて前記一面と平行であるか、又は所定のオフ角を有するように切断する切断部 1300；を含み、前記制御部で前記炭化珪素インゴットが前記切断部に向かう移動及び前記ワイヤソーの供給量を制御し、

前記切断部は、前記切断部の切断速度が第 1 切断速度まで減少する切断開始ステップと；

前記第 1 切断速度が $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有する切断進行ステップと；

切断第 1 切断速度が増加しながら前記炭化珪素インゴットの切断が完了する仕上げステップと；を通じて切断が行われ、

30

前記切断部のワイヤソーの供給量 (m/min) は、前記切断開始ステップで第 1 供給量に到達後、前記仕上げステップ以前まで $\pm 5\%$ 内外の一定の値を有し、

前記 r は、前記一面の半径であり、前記 a は、 $i) 1.4\ \text{rad} \sim 1.75\ \text{rad}$ 、又は $ii) 2.96\ \text{rad} \sim 3.32\ \text{rad}$ であってもよい。

【0092】

前記炭化珪素ウエハー製造用システムの一例を図 4 に概略的に示した。

【0093】

前記反り測定部 1100 は、前記炭化珪素インゴット 100 の一面 120 の断面を一面 120 の中心点を基準として第 1 周縁 21 の最高の高さをハイトゲージ (Mitutoyo 社の ID-H0560 Model) などを通じて反り程度を測定することができ、これによって、前記一面の周縁で反り程度が最も大きい第 1 周縁 21 を測定することができる。

40

【0094】

前記反り測定部 1100 が測定する炭化珪素インゴット 100 は、前記の炭化珪素ウエハーの製造方法で説明した炭化珪素インゴットと同一であってもよい。

【0095】

前記炭化珪素ウエハー製造用システムは、前記炭化珪素インゴット 100 を切断部に向かって移動させる移動手段を含むことができる。

【0096】

前記炭化珪素ウエハー製造用システムは、前記炭化珪素インゴット 100 一側面に別途の居置台を含むことができる。

50

【 0 0 9 7 】

前記制御部 1 2 0 0 は、前記反り測定部 1 2 0 0 で測定された炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の第 1 周縁 2 1 から前記一面の周縁に沿って $r \times a$ の距離を有する第 2 周縁 2 2 を指定することができる。前記炭化珪素インゴットの一面は、前記昇華及び再結晶を通じて製造された後、前記種結晶から切断された面であってもよく、円形であってもよく、一部の周縁にフラットゾーンが形成された円形であってもよい。また、前記一面が円形ではない場合、前記制御部は、前記一面の曲線形周縁で任意の 3 個以上の点の x 、 y 座標を取得し、この点を含む円を形成して円形で取り扱うこともできる。

【 0 0 9 8 】

前記 r は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の半径であり、前記 a は、 $i) 1 . 4 \text{ rad} \sim 1 . 7 5 \text{ rad}$ 、又は $i i) 2 . 9 6 \text{ rad} \sim 3 . 3 2 \text{ rad}$ であってもよい。また、前記 a は、前記炭化珪素インゴットの一面で、第 1 周縁 2 1 及び第 2 周縁 2 2 をつなぐ弧と半径からなる扇形の中心角を無次元のラジアンで換算したものであってもよい。前記 a がこのような範囲を有するようにすることで、前記炭化珪素インゴットの切断時に製造されるウエハーの中央付近の平坦度の偏差が少なく、比較的均一な値を有するようにできる。

10

【 0 0 9 9 】

前記制御部 1 2 0 0 は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 を指定して、最適の切断開始地点を把握し、これによって、切断部 1 3 0 0 が効果的に切断することができるようにする。

20

【 0 1 0 0 】

前記切断部 1 3 0 0 は、前記制御部 1 2 0 0 で指定された炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 で、ワイヤソー 1 5 を通じて前記一面と平行であるか、又は一面に対して所定のオフ角を有するように切断することができる。前記オフ角は、 $2^\circ \sim 10^\circ$ であってもよい。

【 0 1 0 1 】

前記切断部 1 3 0 0 のワイヤソー 1 5 は、少なくとも 2 個以上のガイドローラ 1 6 に軸方向に沿って螺旋形状に巻き取られ得る。例示として、前記ガイドローラは、図 3 に示されているように、同一平面上に 2 個、これら 2 個の間の中間の下部に 1 個が配置された複数のガイドローラであってもよい。

30

【 0 1 0 2 】

前記切断部 1 3 0 0 のワイヤソー 1 5 は、ダイヤモンドを含むことができ、鋼材のワイヤー外周面にダイヤモンドビードが含まれたものであってもよい。前記ダイヤモンドビードは、ダイヤモンド焼結体であってもよい。

【 0 1 0 3 】

前記切断部 1 3 0 0 は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 で切断開始時、最も遠い一面の周縁に向かう方向に切断が行われ得る。

【 0 1 0 4 】

前記切断部 1 3 0 0 は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 一面 1 2 0 の第 2 周縁 2 2 で切断開始時、他面の周縁に向かう任意の直線とワイヤソー 1 5 が垂直に接近するように切断が行われ得る。

40

【 0 1 0 5 】

前記切断部 1 3 0 0 は、前記炭化珪素インゴット 1 0 0 がワイヤソー 1 5 に接近して切断が開始される時、初期切断速度から時間の経過により減少して第 1 切断速度まで到達することができる、前記炭化珪素インゴットが一定水準切断されると再び切断速度が初期水準に増加することができる。

【 0 1 0 6 】

前記切断部 1 3 0 0 の初期切断速度は、 $10 \text{ mm/hr} \sim 15 \text{ mm/hr}$ であってもよく、 $12 \text{ mm/hr} \sim 14 \text{ mm/hr}$ であってもよい。その後、切断が進行されることによって漸進的に第 1 切断速度まで到達することができる。このような切断速度を有すること

50

によって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

【0107】

前記切断部1300が第1切断速度に到達する時点は、前記ワイヤソー15が前記炭化珪素インゴット100の直径に対して5%～15%まで切断された時点であってもよく、10%～15%まで切断された時点であってもよい。その後、増加する時点は、前記炭化珪素インゴットの直径に対して70%～95%まで切断された時点であってもよく、70%～85%まで切断された時点であってもよい。

【0108】

前記切断部1300の第1切断速度は、3mm/hr～10mm/hrであってもよく、4mm/hr～8mm/hrであってもよい。このような切断速度を有することによって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

10

【0109】

前記切断部1300のワイヤソー15の第1供給量(m/min)は、0.5m/min～4m/minであってもよく、0.8m/min～3m/minであってもよい。このような供給量を有することによって、大きな損傷なしに安定的に炭化珪素インゴットを切断することができる。

【0110】

前記切断部1300のワイヤソー15は、複数個のガイドローラ16のうち、一つのガイドローラに巻き取られながら供給され、他のガイドローラに移動しながら巻き取られた後、引き出され得る。

20

【0111】

前記切断部1300のワイヤソー15は、前記ガイドローラ16の軸方向に所定間隔に沿って複数個が備えられるマルチワイヤソーであってもよく、前記切断部を通じて切断が仕上げられると複数個のウエハーが製造され得る。前記マルチワイヤソーで、各ワイヤソー間の間隔は100μm～900μmであってもよい。

【0112】

前記炭化珪素製造用システムは、前記切断部1300の切断時にスラリーを供給するスラリー供給部をさらに含むことができる。

【0113】

前記炭化珪素ウエハー製造用システムは、一つの炭化珪素インゴットから25個のウエハーを製造した時、18個以上の良品の炭化珪素ウエハーを得ることができ、良品収率が72%以上であってもよい。

30

【0114】

以下、具体的な実施例を通じて本発明をより具体的に説明する。下記の実施例は本発明の理解を助けるための例示に過ぎず、本発明の範囲がこれに限定されるのではない。

【0115】

実施例1 - 炭化珪素ウエハーの製造

【0116】

原料及び炭化珪素種子晶が離隔配置された反応容器内で昇華 - 再結晶法を通じて製造された4H炭化珪素インゴット100を準備し、種結晶から切断された面である前記炭化珪素インゴットの一面120の反り値をハイトゲージ(Mitutoyo社のID-H0560 Model)を通じて測定した。

40

【0117】

前記一面の反り値に基づいて前記一面の周縁で反り値が最も高いところを第1周縁21と指定し、前記第1周縁から前記炭化珪素インゴット一面の周縁に沿ってr×aの距離を有する第2周縁22を指定した。この時、rは前記一面の半径であり、前記aは1.57radである。

【0118】

前記指定された一面の第2周縁22から、他面の一周縁に向かう最短距離を示す任意の線と垂直な方向にダイヤモンドビードを含むマルチワイヤソーを配置した。前記ワイヤソー

50

は、複数個のガイドローラを通じて巻き取られて備えられた。ワイヤソーの供給量が $1.5 \text{ m/min} \sim 3 \text{ m/min}$ 、初期切断速度が $12 \text{ mm/hr} \sim 14 \text{ mm/hr}$ になるようにし、スラリーを添加しながら切断を開始した。この時、切断進行方向は、図 5 に示されているように前記第 2 周縁から前記一面の中心を通して遠い一面の周縁に向かうようにし、オフ角が 4° になるようにした。前記炭化珪素インゴットの直径に対して $10\% \sim 15\%$ だけ切断された時点で第 1 切断速度である $4 \text{ mm/hr} \sim 6 \text{ mm/hr}$ に到達した。その後、前記炭化珪素インゴットの直径に対して $80\% \sim 90\%$ だけ切断された時点で切断速度が上昇して切断が仕上げられ、炭化珪素ウエハーを製造した。この時、前記一面から他面に向かう方向に整列した各ウエハーに順次に # 1 番などのように数字を付与した。

【0119】

10

実施例 2 - 炭化珪素ウエハーの製造

【0120】

前記実施例 1 で、 a を 3.14 rad に変更したことを除き、前記実施例 1 と同じ条件で炭化珪素ウエハーを製造した。

【0121】

比較例 1 - 炭化珪素ウエハーの製造

【0122】

前記実施例 1 で、 a を 0.7 rad に変更し、前記ワイヤソーの供給量が前記炭化珪素インゴットの直径に対して初期から半分が切断される時点まで増加し、最大値である 3 m/min を有するものの、その後、減少するようにした。そして切断速度が全ての区間で $4 \text{ mm/hr} \sim 6 \text{ mm/hr}$ と同一にし、その他の条件は前記実施例 1 と同じ条件にして炭化珪素ウエハーを製造した。

20

【0123】

比較例 2 - 炭化珪素ウエハーの製造

【0124】

前記比較例 1 で、 a を 0 rad に変更したことを除き、前記比較例 1 と同じ条件で炭化珪素ウエハーを製造した。

【0125】

実験例 - 炭化珪素インゴットの切断位置に対するウエハーの平坦度の比較

【0126】

30

前記実施例及び比較例で製造されたウエハーの平坦度及び中心から外郭方向に半径の 95% まで占める中央領域の平坦度をコーニング・トロペル (Corning Tropel) 社の Flatmaster 200 Model により測定し、これを図 6、図 7 及び表 1 に示した。

【0127】

40

50

【表 1】

区分 [↵]	実施例1 [↵]	実施例2 [↵]	比較例1 [↵]	比較例2 [↵]
一面の周りに沿う第1周縁及び第2周縁間の距離 [↵]	$r \times 1.57^{\circ}$	$r \times 3.14^{\circ}$	$r \times 0.7^{\circ}$	$r \times 0^{\circ}$
切断速度(mm/hr) [↵]	開始:12~14 [↵] 進行:4~6 [↵] 仕上げ:12~14 [↵]	開始:12~14 [↵] 進行:4~6 [↵] 仕上げ:12~14 [↵]	全区間4~6で同一 [↵]	全区間4~6で同一 [↵]
ワイヤー供給量(m/min) [↵]	全区間1.5~3で同一 [↵]	全区間1.5~3で同一 [↵]	開始:0.8 [↵] 進行:3 [↵] 仕上げ:0.8 [↵]	開始:0.8 [↵] 進行:3 [↵] 仕上げ:0.8 [↵]
破損有無 [↵]	X [↵]	X [↵]	#1番ウエハー [↵]	X [↵]
良品ウエハー数 [↵]	#4番~#25番良好 [↵]	#2番~#29番良好 [↵]	#6番~#14番良好 [↵]	#11番~#25番良好 [↵]
良品ウエハー収率 [↵]	88・% [↵]	96.5・% [↵]	45・% [↵]	55.5・% [↵]
良品ウエハーの中央領域の平坦度の標準偏差 [↵]	5~10・ μm°	5~7・ μm°	15~25・ μm°	15~20・ μm°

r : 前記炭化珪素インゴットの半径[↵]

【0128】

図7を参照すると、実施例1の場合、#3番以上のウエハーで比較的均一な平坦度の様相を示し、中央領域の平坦度の標準偏差値が $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ であることを確認できる。実施例2の場合、#2番以上のウエハーで比較的均一な平坦度の様相を示し、中央領域の平坦度の標準偏差値が $5\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ であることを確認できる。

【0129】

図6及び図7を参照すると、比較例1及び比較例2で、比較例1は一部のウエハーが切断時に破損し、比較例1及び2共に良品ウエハーの数が顕著に減ったことを確認できる。

【0130】

以上で本発明の好ましい実施例について詳細に説明したが、本発明の権利範囲はこれに限定されず、特許請求の範囲で定義している本発明の基本概念を利用した当業者の多様な変形及び改良形態も本発明の権利範囲に属する。

【符号の説明】

【0131】

- 10 : 炭化珪素ウエハー
- 11 : 一面 (炭化珪素ウエハーの一面)
- 12 : 他面 (炭化珪素ウエハーの他面)
- 15 : ワイヤソー (マルチワイヤソー)
- 16 : ガイドローラ
- 21 : 第1周縁
- 22 : 第2周縁
- 100 : 炭化珪素インゴット
- 110 : 他面 (炭化珪素インゴットの他面)
- 120 : 一面 (炭化珪素インゴットの一面)
- 1100 : 反り測定部
- 1200 : 制御部
- 1300 : 切断部

10

20

30

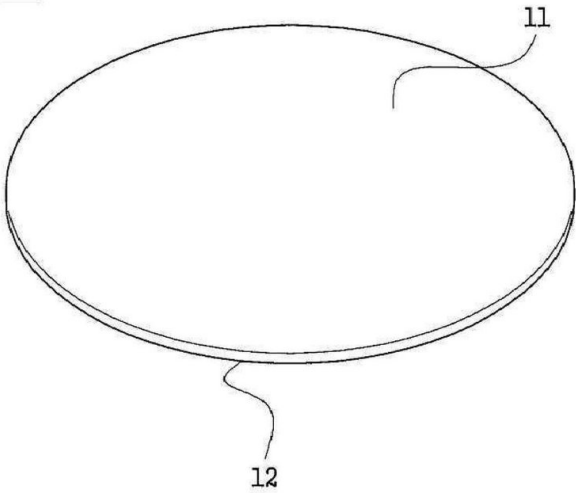
40

50

【図面】

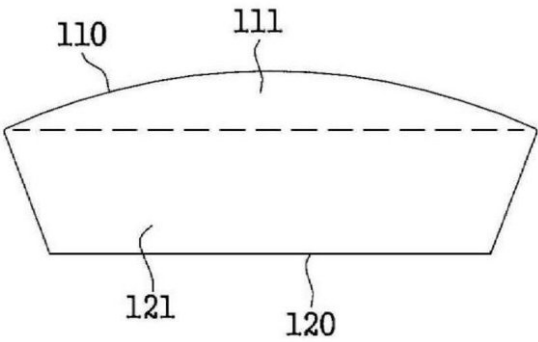
【図 1】

10



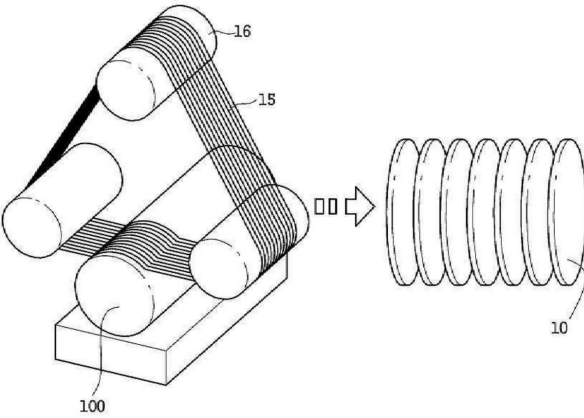
【図 2】

100

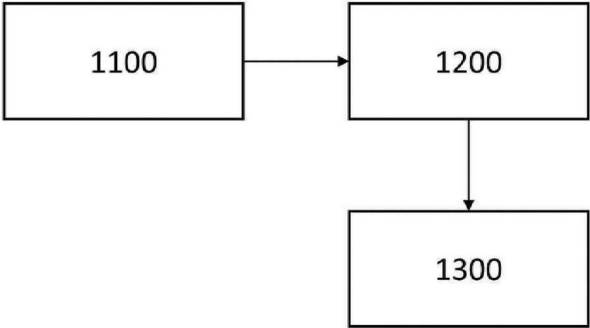


10

【図 3】



【図 4】



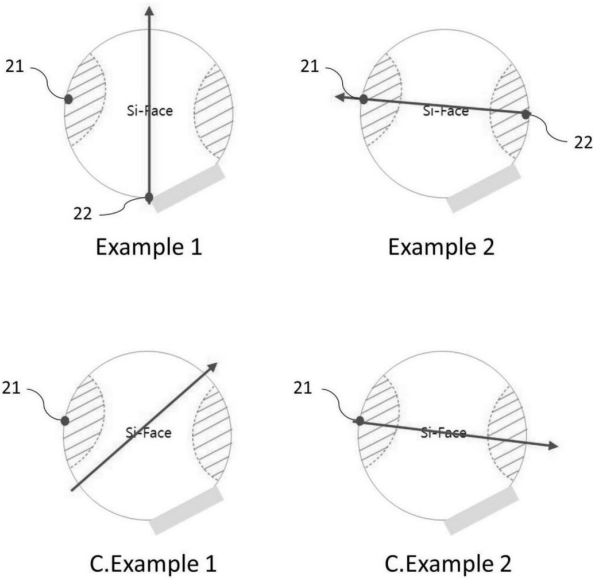
20

30

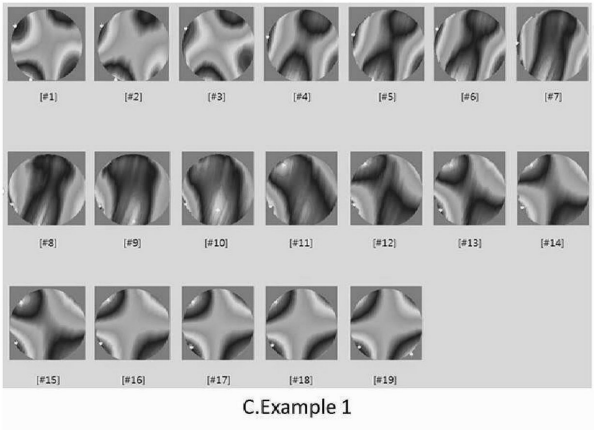
40

50

【図 5】

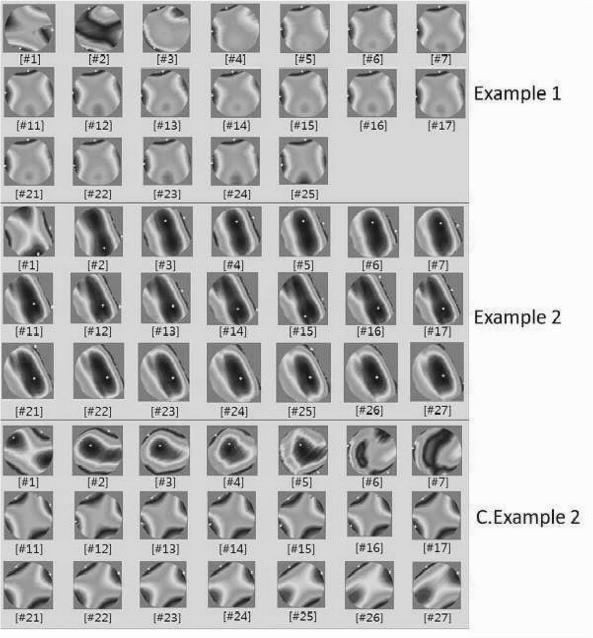


【図 6】



10

【図 7】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 奥野 彰彦
(74)代理人 100130672
弁理士 伊藤 寛之
- (72)発明者 キム、ジュンギョ
大韓民国、チュンチョンナム - ド、チョンアン - シ、ソブク - グ、ジクサン - ウプ、4 サندان
7 - ロ、17 - 15、セニック・インコーポレイテッド、コーポレート アフィリエイテッド リサ
ーチ インスティテュート
- (72)発明者 ク、カブレル
大韓民国、チュンチョンナム - ド、チョンアン - シ、ソブク - グ、ジクサン - ウプ、4 サندان
7 - ロ、17 - 15、セニック・インコーポレイテッド
- (72)発明者 ソ、ジョンドウ
大韓民国、チュンチョンナム - ド、チョンアン - シ、ソブク - グ、ジクサン - ウプ、4 サندان
7 - ロ、17 - 15、セニック・インコーポレイテッド、コーポレート アフィリエイテッド リサ
ーチ インスティテュート
- (72)発明者 チェ、ジョンウ
大韓民国、チュンチョンナム - ド、チョンアン - シ、ソブク - グ、ジクサン - ウプ、4 サندان
7 - ロ、17 - 15、セニック・インコーポレイテッド、コーポレート アフィリエイテッド リサ
ーチ インスティテュート
- (72)発明者 バク、ジョンフィ
大韓民国、チュンチョンナム - ド、チョンアン - シ、ソブク - グ、ジクサン - ウプ、4 サندان
7 - ロ、17 - 15、セニック・インコーポレイテッド、コーポレート アフィリエイテッド リサ
ーチ インスティテュート
- 審査官 今井 淳一
- (56)参考文献 特開2019 - 127415 (JP, A)
特開2013 - 089937 (JP, A)
特開2001 - 334452 (JP, A)
特開2013 - 038116 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C30B 29 / 36
C30B 23 / 06
C30B 33 / 00